3. CUANTIFICACIÓN DE LAS RESERVAS Y EVALUACIÓN DEL RELLENO SANITARIO CURVA DE RODAS

A continuación se describe el método utilizado para la evaluación teórica de las reservas de biogás, el cual se apoyó en el trabajo de campo (lo cual incluye mediciones con los diferentes equipos) y en un software elaborado por la EPA (Enviromental Protection Agency) el cual permite determinar la generación de biogás año por año.

MÉTODOS PARA LA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN BIOGÁS DEL RELLENO

En este ítem se describen algunos de los métodos que se están utilizando para determinar la capacidad de emisión de gases en los rellenos sanitarios a nivel mundial.

3.1.1 Modelo aplicado en México. Fue desarrollado específicamente por el Programa "Landfill Methane Outreach" de la U. S. EPA (Enviromental Protection Agency) y la USAID (US Agency for Internacional Development). (Ver anexo B), este programa se utilizará con la autorización respectiva del ingeniero Brian Guzzone[51].

Este modelo fue desarrollado para la estimación del biogás, producido en rellenos sanitarios municipales, en México y se utiliza para estimar que cantidad genera y que se puede recuperar en un relleno sanitario, que cuente o planee tener un sistema de recolección de biogás.

[51] CASTRO, Gustavo. Modelo mexicano de biogás. [En línea] México : Secretaría de Desarrollo Social (REDESOL), 2004. <http://www.pnl.gov/aisu/pubs/mexico/17.pdf> [Consulta : Marzo de 2005].

El método utiliza una ecuación de degradación de primer orden, asume que el período es de un año desde la colocación de los residuos y el comienzo de la generación de biogás, que por cada unidad de residuos, después de un año la generación disminuye exponencialmente, mientras la fracción orgánica de los residuos es consumida.

Para sitios donde se conocen los índices de disposición, año con año, el modelo estima la generación de biogás, en un año, usando la siguiente ecuación publicada en el Código 40 de Leyes Federales de los Estados Unidos, Parte 60 Sección WWW (40 CFR 60. Subpart WWW)[52]:

$$Q_M = \sum_{i=1}^{n} 2kL_o M_i (e^{-kt_i})$$

Donde:

$\sum_{i=1}^{n}$ = La suma desde el año de apertura +1 (i=1) hasta el año de proyección (n)

Q_M = Generación máxima de biogás (m^3/año).

k = Índice de generación de metano (año^{-1}).

L_o = Generación de potencial de metano (m^3/Ton).

M_i = Masa de residuos sólidos dispuestos en el año i (Ton).

t_i = Edad de los residuos dispuestos en el año i (años).

La ecuación anterior estima la generación de biogás, usando cantidades de residuos dispuestos, acumulados a través de un año. Proyecciones para años múltiples, son desarrolladas variando la proyección anual y luego iterando la ecuación. El año de generación máxima, normalmente ocurre en el de clausura o al siguiente (dependiendo del índice de disposición en los años finales)[53].

Con la excepción de los valores de k y L_0, el programa requiere datos específicos del relleno, para las proyecciones de generación.

---

[52] GUZZONE, Brian y MULLER, Duane. Manual de usuario: Modelo mexicano de biogás. Versión 1.0 [En línea] U.S : Agencia para la protección del ambiente, 2003. < http://www.epa.gov/landfill/int/ManualdelUsuarioV1.pdf> [Consulta: 13 de Agosto de 2005]

[53] Ibid.

Los valores son calculados basándose en la información previamente recolectada en rellenos sanitarios, k y L_0 varían dependiendo de la precipitación anual y podrán ser usados para proyecciones de generación[54]. La EPA reconoce que es difícil modelar la generación y recuperación de biogás en forma exacta debido a las limitaciones en la información disponible[55].

Este software estima la generación producida por la degradación de desechos en rellenos sanitarios, asume que la composición del biogás es aproximadamente 50% metano (CH_4) y 50% dióxido de carbono (CO_2) y trazas de otros componentes. Utiliza una ecuación de degradación de primer grado y estima el volumen de generación en metros cúbicos por minuto (m^3/min) y en metros cúbicos por hora (m^3/h). También estima el contenido de energía en el biogás generado en billones de Joules por año (GJ/año).

La generación de biogás se estima multiplicando la de metano por dos. El metano es calculado usando dos parámetros: L_0 = Generación Potencial de Metano y k = Índice de Generación de Metano/año[56].

A pesar de que el modelo permite la alimentación de los valores de L_0 y k, derivados con información propia del relleno sanitario, es recomendado que se utilicen los valores que el modelo calcula automáticamente[57]. Conforme el valor de k incrementa, la generación de metano también (siempre y cuando se siga recibiendo residuos) y luego disminuye (después de que es clausurado el campo) a través del tiempo. El valor de k está en función de los siguientes factores: Contenido de humedad en los residuos, la disponibilidad de nutrientes para las bacterias generadoras de metano, el pH y la temperatura.

Los valores de k obtenidos de datos de rellenos sanitarios, varían entre 0.003 a 0.21 por año (EPA, 1991a). Estos valores fueron determinados con modelos teóricos haciendo pruebas de campo. Al menos que se cuente con valores específicos de k del relleno

[54] Ibid.
[55] Ibid.
[56] Ibid.
[57] Ibid.

sanitario en cuestión, este se calculará automáticamente. Los valores siguientes (ver tabla 4) son usados por el modelo[58].

Tabla 4. Índice de generación de Metano k

Precipitación anual (mm/año)	k (por año)
0 – 249	0.040
250 - 499	0.050
500 – 999	0.065
≥ 1000	0.080

Fuente : GUZZONE, Brian y MULLER, Duane. Manual de usuario: Modelo mexicano de biogás. Versión 1.0 [En línea] U.S: Agencia para la protección del ambiente, 2003. < http://www.epa.gov/landfill/int/ManualdelUsuarioV1.pdf [Consulta: 18 de Agosto de 2004]

En teoría, el valor de la generación potencial de metano en los residuos (L_0), solo depende del tipo de residuos. Conforme el contenido de celulosa en los residuos aumenta, el valor de L_0 también. En la práctica, el valor teórico de L_0 no podría ser alcanzado en regiones de clima seco, donde la humedad en los residuos es muy baja o inexistente, provocando la inhibición de las bacterias generadoras de metano. Las unidades de L_0 están en metros cúbicos por tonelada de residuos, lo cual significa que el valor describe la cantidad de gas metano producida por tonelada de residuos (ningún límite de tiempo está especificado). Los valores teóricos varían entre 6.2 y 270 m^3/Ton de residuos (EPA, 1991b). Al menos que se cuente con valores específicos, para el relleno sanitario en cuestión, los valores de L_o, serán calculados automáticamente[59].

Los siguientes valores (ver tabla 5) son usados por el modelo, dependiendo de la precipitación promedio anual de la región y donde se encuentra localizado el relleno sanitario:

Tabla 5. Generación potencial de metano L_o

Precipitación anual (mm / año)	L_o (m^3/Ton)
0 – 249	60
250 – 499	80
≥ 500	84

Fuente : Fuente : GUZZONE, Brian y MULLER, Duane. Manual de usuario: Modelo mexicano de biogás. Versión 1.0 [En línea] U.S: Agencia para la protección del ambiente, 2003. < http://www.epa.gov/landfill/int/ManualdelUsuarioV1.pdf> [Consulta: 13 de Agosto de 2005]

[58] Ibid.
[59] Ibid.

3.1.2 Método empleado en la India[60]. La mayoría de los RSU's de este país, son dispuestos en rellenos de bajas profundidades, localizados en y alrededor de centros urbanos.

Existen muchos métodos para estimar la cantidad de metano que puede generar un relleno controlado, pero en la India, esas condiciones no prevalecen en la mayoría de las instalaciones, de ahí que se desarrolló este método con base en relaciones empíricas.

El gas de relleno se puede estimar con un grado de exactitud grande, usando la ley de decaimiento de primer orden (FOD) (ver página 64), en dos fases: En la primera fase, la rata de generación se va incrementando, hasta un pico máximo. En la segunda, es decreciente, hasta que el material se estabiliza.

Los indios tienen dos métodos aprobados: El método "Default" (decaimiento) y el método "Triangular".

Método Default: Desarrollado en 1987 por Bingemer & Crutzen y se basa en una aproximación de balance de masa[61].

$$Emisión\ CH_4(Gg/año) = (MSW_T \times MSW_F) \times MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times (16/12 - R) \times (1 - OX)$$

1 (Gg /año) = 1000 toneladas másicas /año

Donde:

MSW_T = Total de desechos sólidos generados por el municipio (se puede calcular tomado como base el total de personas (miles de personas), y multiplicarlo por la generación anual de desechos / persona).

MSW_F = Fracción de desechos sólidos generados por el municipio, dispuestos del total de desechos que hay en un sitio de disposición. Se establece un 70% basado en que el 30%

---

[60] KUMAR, Sunil y otros. Estimation method for national methane emission solid waste landfills. En : Atmospheric Environment. [En línea]. India. No.38 (2004); p.3481-3487 < http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6VH3-4CBV1R0-2-M&_cdi=6055&_user=3496470&_orig=na&_coverDate=07%2F31%2F2004&_sk=999619978&view=c&wchp=dGLbVtz-zSkzS&md5=d0076c7ae5c9744128ce53ec03fd8d3e&ie=/sdarticle.pdf> [Consulta : Marzo de 2005].

[61] Ibid.

se pierde en reciclaje, quemas de desechos, disposición a través de drenajes, y la basura que no llega por diversos factores.

MCF = Factor de corrección de metano (fracción). Esta fracción depende del método de disposición y de la profundidad del relleno sanitario, valores de 0.4 son para rellenos abiertos, con profundidades menores a 5 metros.

DOC = Fracción de carbón orgánico degradable (DOC) (factor esencial en le método de cálculo). Depende de la composición del desecho y varía de ciudad a ciudad.
La ecuación para estimar el DOC es:

$$DOC = 0.4(A) + 0.17(B) + 0.15(C) + 0.3(D)$$

A = Papel + fibras textiles orgánicas.
B = Hojas + variedades de pastos
C = Frutas y vegetales
D = Madera
Unidades: Toneladas másicas, se utilizan solo dos cifras decimales.

DOC_F = Porción de DOC que se convierte en gas de relleno. El estimado se basa en un método teórico que varía con la temperatura en la zona anaeróbica del terreno.

$$Modelo = 0.014T + 0.28$$

(T = Temperatura en ^oC y se asume que permanece kte = 35 ^oC)

F = Fracción de metano en el gas de relleno, se asume = 0.5 (50%)

R = Metano recuperado. (Como en la india no se da se toma como = 0)

OX = Factor de oxidación: Metano que se oxida en la capa superior del relleno, donde el oxigeno es presente, sin embargo este factor no es aceptado, se asume = 0.

Método Triangular: Basado en el método de decaimiento de primer orden (FOD), provee un perfil de emisiones dependientes del tiempo que reflejan el patrón verdadero, del proceso de degradación de la basura. El método FOD requiere de datos actuales como el

histórico de las cantidades de basura, composición y formas de disposición de la misma, etc., a lo largo de varias décadas. En lugares donde no se disponga de esta información el método no es aplicable, sin embargo, una aproximación basada en el método FOD puede ser aprovechable utilizando una forma triangular como se observa en la figura 17, donde el área bajo el triángulo es equivalente al gas liberado después del periodo de deposición, de una tonelada de basura[62].

Figura 17. Forma triangular de producción de biogás.

Fuente : KUMAR, Sunil y otros. Estimation method for national methane emission solid waste landfills. En : Atmospheric Environment. [En línea]. India. No.38 (2004) ; p.3481-3487 <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6VH3-4CBV1R0-2-M&_cdi=6055&_user=3496470&_orig=na&_coverDate=07%2F31%2F2004&_sk=999619978&view=c&wchp=dGLbVtz-zSkzS&md5=d0076c7ae5c9744128ce53ec03fd8d3e&ie=/sdarticle.pdf> [Consulta : Marzo de 2005].

Se asume que la degradación se da en dos fases: la primera empieza un año después de la deposición y va incrementando hasta el sexto año; la segunda, comienza cuando la generación de gas empieza a decrecer hasta llegar a cero, lo cual se da aproximadamente a los 15 años.

La emisión de metano estimada, usando el **Método Default** es igual al área bajo el triangulo, el valor del pico, es decir, la máxima emisión de metano, se calcula conociendo

[62] Ibid.

el volumen de emisión de gas y la base del triángulo (15 años), con este valor se pueden calcular las demás ordenadas.

CARACTERÍSTICAS Y CANTIDADES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL RSCR

A continuación (tablas 6 y 7) se presentan las cantidades y caracterización de los residuos depositados, durante su operación (Información suministrada por EEVVM), desde el año de apertura hasta su clausura.

Tabla 6.Toneladas depositadas en el RSCR durante su operación.

AÑO	TONELADAS DEPOSITADAS
1984	14.426
1985	185.756
1986	217.684
1987	234.170
1988	264.570
1989	284.858
1990	287.479
1991	317.690
1992	372.784
1993	434.856
1994	533.767
1995	581.110
1996	598.516
1997	412.698 (*)
1998	713.422
1999	749.093
2000	786.548
2001	825.875
2002	867.169

(*) Este valor menor, se debe a problemas operativos ocurridos en este período.

Con base en estudios realizados anteriormente (EVE – ZOREDA), se describe la composición de los residuos sólidos generados en los municipios atendidos por este relleno (ver tabla 7).

Tabla 7. Composición de los RSU'S generados en el Valle de Aburrá.

Años	1994	1984	1980
Materia Orgánica	55,8	53	57
Papel y Cartón	9,3	23	18
Madera y Follaje	3,1		
Metales	1,7		5
Vidrio	5,4	5	3
Plásticos y Cauchos	10,4	5	7
Cueros	3,2		0,8
Trapos	2,1		
Cenizas, rocas	4,7		8
Otros	5,4	14	

Fuente: ZOREDA INTERNACIONAL S.A. Informe final del proyecto: Estudio previo para el aprovechamiento del biogás generado en el relleno sanitario "Curva de Rodas"(Medellín, Colombia). Bogotá : EE.VV.M, 1999. p.

Según datos suministrados por EEVVM, la precipitación promedio anual en el relleno sanitario, corresponde aproximadamente a **1500 mm** de columna de agua.

INVENTARIO DE LAS INSTALACIONES DEL RELLENO SANITARIO

El acondicionamiento de los terrenos del relleno sanitario y la formación de las celdas, fueron diseñados y construidos, cumpliendo con la normatividad internacional para el manejo de los residuos sólidos, ubicándolo dentro del ámbito nacional, como pionero.
El manejo de la información que realiza EEVVVM es muy completo, cuenta con archivos históricos de la operación, planos topográficos etc.

Las 32 hectáreas utilizadas para la disposición de los RSU´s en el campo del RSCR se dividieron en plataformas, comenzando desde la parte inferior hacia la parte superior. (ver fotografía1).

Fotografía 1. Relleno Sanitario Curva de Rodas.

El RSCR fue concebido únicamente para la disposición de los RSU´s, no para la extracción de biogás como fuente energética. Con base en esta premisa, se analizó el estado del campo para la extracción del biogás

3.3.1 Estado de los terrenos (plataformas), de los pozos de evacuación de biogás y sistema de extracción de lixiviados, En las plataformas 1 y 2, se elaboraron obras civiles como: Cunetas que retienen las aguas lluvias (ver fotografía 2), colocación de una membrana impermeabilizante para evitar que el biogás emigre por sitios diferentes a los pozos de desfogue, instrumentación geotécnica (ver fotografía 3) (piezómetros e inclinómetros), y un sistema de drenaje de lixiviados que reemplazó el sistema inicial que se saturó (ver fotografía 4).

Fotografía 2. Formas de las cunetas para la recepción de las aguas lluvias.

En las fotografías 2 y 3 se observa que la maleza ha invadido algunas de estas plataformas ocasionando el deterioro de la membrana geotextil instalada y causando que el biogás no se capte por los pozos de desfogue y se disperse por fuera del terreno.

Fotografía 3. Instrumentación geotécnica.

Drenaje de lixiviados. Actualmente el sistema inicial de drenaje de lixiviados no funciona, por su tiempo de vida útil se colmató y no se puede recuperar. Para subsanar este problema, se implementó un sistema de extracción de lixiviados de manera forzada y consta de lo siguiente: Compresor de aire y mangueras de inyección, tuberías de conducción, pozos de extracción y tanques de recepción. (Ver fotografía 4).

Con el objeto de hacer el tratamiento de los lixiviados para recuperar el biogás es necesario realizar unas obras civiles que no son parte del alcance de este estudio, ya que hacen parte del plan postclausura.

Fotografía 4. Sistema de extracción de lixiviados actual.

Evacuación de biogás. El campo cuenta con 200 pozos de evacuación de biogás, hechos con tuberías de 12 pulgadas de diámetro de PVC perforadas. Los pozos inicialmente fueron ubicados técnicamente, según las recomendaciones hechas por estudios anteriores.

Sin embargo, en el RSCR se encuentra que muy pocos pozos están operativos y presentan: Perforaciones en su tubo y por fuera del terreno, inclinados, obstruidos o quemados. (Ver fotografía 5).

Fotografía 5. Estado de algunos de los pozos de la plataforma 4 del relleno.

A continuación se presenta un consolidado del estado de los pozos de desfogue*:

Tabla 8. Consolidado del estado de los pozos de desfogue

Número total de pozos inventariados = 200			
En buen estado y produciendo biogás	En regular estado produciendo biogás	En regular estado y no producen biogás	
	Perforados o con fugas	No tienen biogás, obstruidos, o pasan por filtros	Quemados, con campana o chimenea en mal estado
46	100	43	11

Fuente : Información suministrada por EEVVM. (Ver anexo C)

De la tabla 8 se puede concluir que el 23% de los pozos se encuentran aptos para captar biogás, el 50% requiere de reparaciones y el 27% es necesario reconstruirlos.

De acuerdo con el análisis realizado se concluye que el pozo de mayor producción es el número 64 (número actual 120), ubicado en plataforma 2. (Ver fotografía 6). En el anexo C, las observaciones muestran que este pozo no se puede leer porque permanece encendido.

* Información suministrada por personal de EEVVM.

Fotografía 6. Pozo de mayor producción de biogás del RSCR.

Actualmente el personal de mantenimiento del RSCR, se encuentra en la tarea de reparar algunos pozos que se encuentran mal instalados, en mal estado y que no producen biogás (Ver fotografía 7).

Fotografía 7. Pozos reparados.

3.4 MEDICIONES Y RESULTADOS.

Durante los meses de octubre a diciembre de 2005 y enero a marzo de 2006, se elaboraron mediciones de: Temperatura, presión y caudal de varios pozos de desfogue en las diferentes plataformas del campo.

Inicialmente se realizó un montaje para determinar el caudal y la presión que suministra un pozo, de fácil acceso y condiciones aceptables para las mediciones. Se elaboraron las adecuaciones para evitar que el biogás se fugara por las juntas y presentara un comportamiento aceptable (Ver fotografía 8).

Fotografía 8. Montaje para determinar caudal y presión.

A continuación, se describen los procedimientos ejecutados y resultados obtenidos de las mediciones.

3.4.1 Medición de la presión. Se utilizó un equipo digital con lectura local por display, el equipo utilizado corresponde a un transmisor de presión marca Rosemount modelo 2088.

Voltaje de alimentación 12V DC.

Unidad de medida: bar.

Rango de operación del transmisor = 0 a 6 bar y cuatro (4) cifras decimales de precisión.

El rango de valores de presión obtenidos: 7 milibar a 17 milibar.

3.4.2 Procedimiento para la medición de caudal. Para la medición inicial, se utilizó un medidor de caudal de accionamiento por diafragma

Marca Kumho G1.6.

Rango de presiones de trabajo de 23 milibar a 100 milibar.

Caudal máximo 3.1 m^3/h, con tres cifras decimales.

El equipo no funcionó, porque el valor de presión del biogás necesario para mover el diafragma estaba muy por debajo del mínimo requerido por el equipo, no se pudo determinar el caudal del pozo por este método; se procedió a utilizar un medidor de velocidades con sonda de inserción.

El equipo utilizado, corresponde a un equipo multifuncional marca TESTO 400 con canales para la medición de: presión, velocidad, humedad relativa y temperatura; y una sonda de velocidad y temperatura por dispersión térmica (ver resultados tabla 9).
Rangos de operación: 0 – 10 m/s
Sonda de velocidad y temperatura
Rangos de operación: 25 – 70 °C.

3.4.3 Procedimiento para la medición de temperatura y humedad. Equipo utilizado es un termómetro digital marca TEGAM, con termopar tipo K con termopozo de inserción en acero Inoxidable.
Puertos de medición : 2.
Rango de medición: -25 a 200 °C y de 200 °C a 1370 °C.
Unidades: Grados Celsius y Fahrenheit.
Sonda de humedad: rango: 0 – 100%
El equipo tiene una sonda de acero inoxidable, que se le inserta a la boca del pozo, se espera un tiempo para que la lectura estabilice, se toman aproximadamente 10 medidas de temperatura, 1 cada minuto; se promedia el valor de la temperatura, y humedad.
Los pozos que se utilizaron son los mismos, en los cuales se tomaron las diferentes muestras para todos los ensayos, a continuación se presentan los resultados:

Tabla 9. Mediciones de velocidad, temperatura y humedad.

Número Pozo	Diámetro Pozos [m]	Área [m^2]	Velocidad [m/s]	Caudal [m^3/h]	Temperatura [ºC]	Humedad [% sat.]
64 (plataforma 3)	0.3048	0.0729	0.33	86.68	33.7	100
Reconstruido (plataforma 5)	0.3048	0.0729	0.56	147.10	47.0	100
Pozo de alivio cerca al pozo 161	0.1524	0.0182	1.248	81.96	51.0	100
161 (plataforma 4)	0.3048	0.0729	0.41	107.70	52.0	100

Como se puede apreciar, los valores de temperatura en los pozos de las platafomas 4 y 5 son más altos que en los otros pozos por la presencia de aire comprimido, en todas las muestras el biogás sale con vapor de agua saturado, por tal motivo los resultados obtenidos en los pozos de la plataforma 5 y plataforma 4 no son confiables.

Para el estudio del potencial de aprovechamiento del biogás, se tomará como referencia el pozo número 64, con producción de biogás permanente.

3.4.4 Procedimiento para Medición de H_2S. Entre los componentes que posee el biogás está el sulfuro de hidrógeno, como en las cromatografías no se puede determinar su concentración en la mezcla, se empleó un equipo detector de la firma MSA, marca ORION (con sonda), este utiliza sensores electroquímicos para determinar límite inferior de explosividad, porcentaje en volumen de oxígeno, partes por millón de monóxido de carbono y partes por millón de sulfuro de hidrógeno.

Tabla 10. Resultado de las mediciones de H_2S.

POZO	[ppm] H_2S
1	0
6	0
11	0
63	0
60	1
46	0
51	9
161	0
178	53
106	1
53	2
83	1
64	97

De la tabla anterior se observa que los pozos que tienen influencia de aire comprimido producen muy poca cantidad de sulfuro de hidrógeno haciendo que la muestra de estos sea poco confiable, se tomará para efectos de cálculo, la concentración obtenida del pozo 64.

3.4.5 Toma de muestras y elaboración de cromatografías. Se utilizó un Cromatógrafo de gases marca VARIAN modelo CP-3800 con detector de conductividad térmica, válvulas de seis puertos y automuestreador. Los diferentes módulos son comandados desde un software que es el sistema de control. El conjunto de los módulos permite la separación de mezclas de compuestos orgánicos, su detección y finalmente el registro para su cuantificación.

Las columnas empleadas por este cromatógrafo son para aire, metano y dióxido de carbono.

Los resultados de cada cromatografía (ver figura 18), identifican cada uno de los componentes y el cálculo del área bajo la curva es presentado en una hoja aparte con los valores de concentración de cada uno de los componentes que permite analizar el equipo.

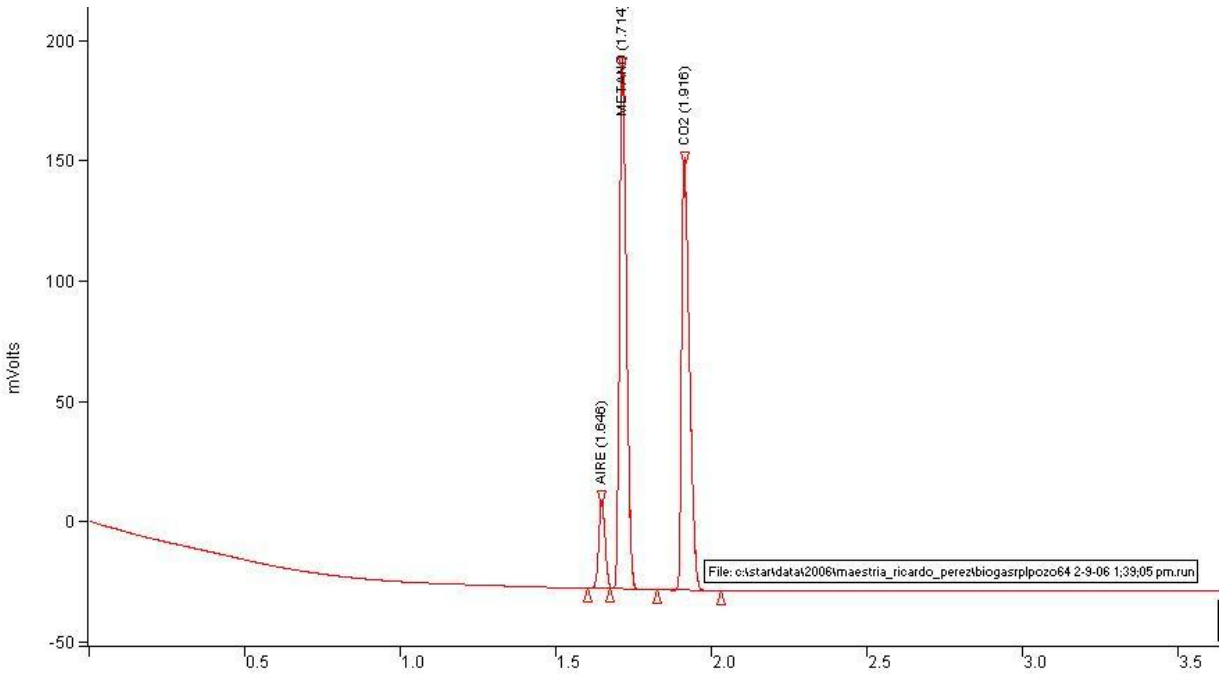

Figura 18. Resultados Cromatografía pozo 64.

A continuación se presentan los resultados de las cromatografías realizadas.

Tabla 11. Resultados de las cromatografías.

POZO	[%] AIRE	[%] CH_4	[%] CO_2
Prueba 2	39,12	33,59	27,30
64	8,999	55,14	35,86
64	7,658	55,48	36,86
64	7,728	55,5	36,77
64	7,663	55,47	36,87
72	82,03	6,98	10,99
72	82,65	6,71	10,65
Filtro	85,88	5,53	8,6
Pozo recuperado plataforma 5	23,47	43,94	32,59

Con base en los resultados de la tabla anterior, los datos del biogás del pozo 64 son los más confiables y serán la base para las evaluaciones técnico económicas del capitulo 5 y 6.